

## ВЫСОКАЯ ПОЙМА р. КАМЧАТКА: ВОЗРАСТ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ

©2020 Т.Д. Каримов<sup>1</sup>, М.М. Певзнер<sup>1</sup>, О.Н. Успенская<sup>2</sup>, Р.И. Нечушкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт РАН, Москва, Россия, 117019; e-mail: karimovt@mail.ru

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства,  
Московская область, Раменский район, д. Верея, Россия, 140153

Изучены отложения высокой поймы реки Камчатка в ее среднем течении. Выделены два типа обстановок накопления пойменных отложений: стабильная (зарастание стариц, удаленных от основного русла) и динамичная (берега центральной части долины, подверженные регулярным затоплениям полыми водами). Проведено радиоуглеродное датирование погребенной органики. Наиболее древний торф образовался около 3200 <sup>14</sup>C лет (3460 cal BP), в это время зафиксирован период пониженного стока, который мог быть вызван климатическими изменениями. Формирование пойменно-старичного аллювия началось не позднее 3.8 тыс. л.н. Изменение гидрологического режима и крупная перестройка русла реки, приведшие к образованию новой поверхности, возможно, были обусловлены сейсмическими процессами. Возраст этой поверхности может быть на несколько сотен лет древнее, чем начало субаэрального осадконакопления на высокой пойме в среднем течении р. Камчатки.

*Ключевые слова:* русловые процессы, геохронология, радиоуглеродное датирование, голоцен, Центральная Камчатка.

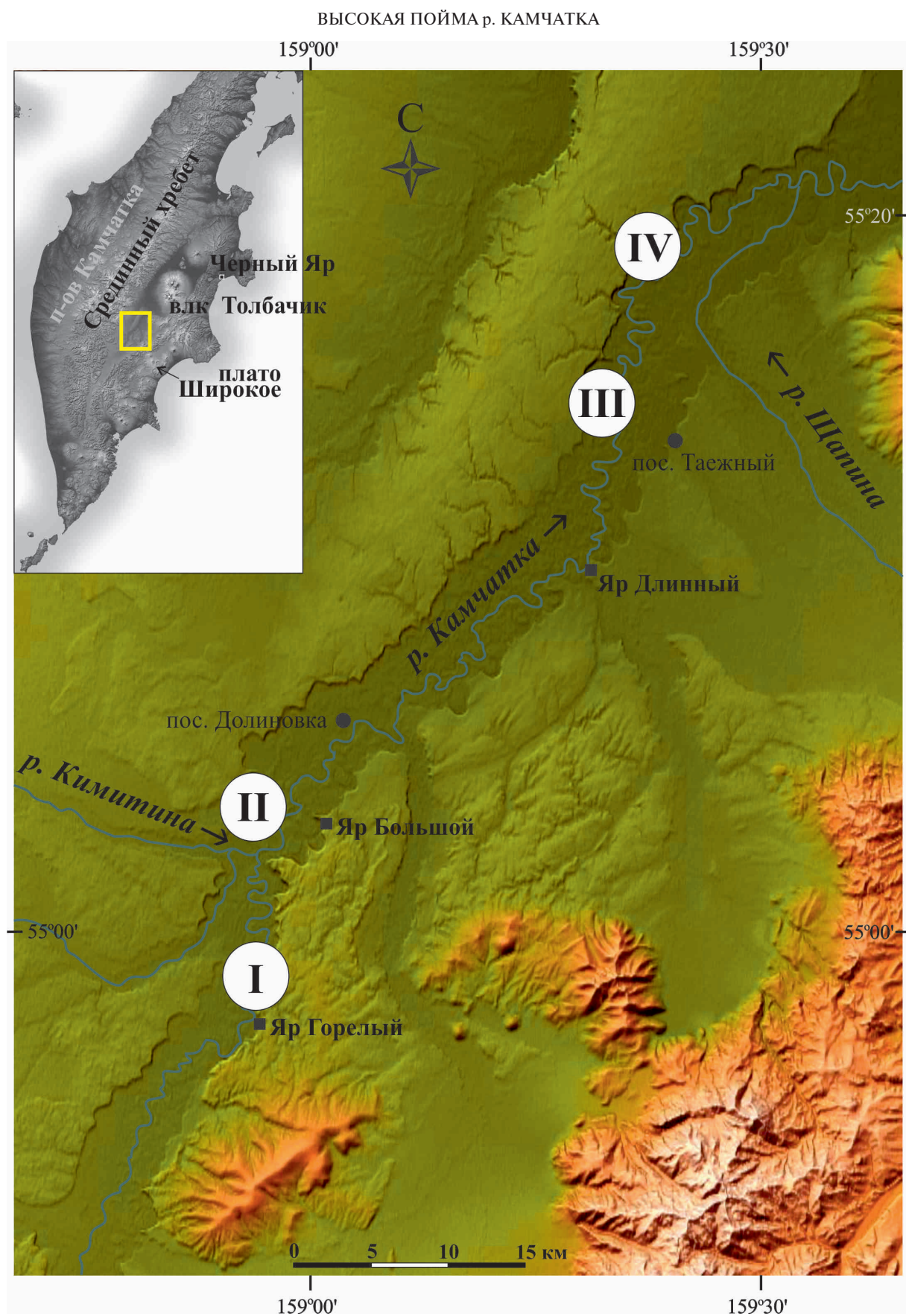
### ВВЕДЕНИЕ

История формирования речных долин крупных равнинных рек отражает широкий спектр преобразований природной среды. При этом определение возраста разноуровневых террас и пойменных поверхностей представляется одной из наиболее важных и непростых задач геоморфологии, палеогеографии и четвертичной геологии (Чернов, 2009). Основная проблема заключается в самом процессе формирования пойменных отложений — одновременности или неупорядоченной последовательности аккумуляции и размыва речных наносов.

Камчатка является крупнейшей рекой полуострова Камчатка с протяженностью в 758 км и площадью водосбора 55.9 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1). К сожалению, до настоящего времени детальных исследований, посвященных истории развития долины реки в голоцене, не проводилось. При этом особенности строения долины и образование разновозрастных террас могут свидетельствовать о различных причинах изменения

природы в Центральной Камчатке, а, возможно, и во всем регионе.

Одними из первых исследователей строения долины р. Камчатки были С.Л. Кушев и Ю.А. Ливеровский (1940). Существенный вклад в понимание истории формирования долины внесли работы, проводившиеся в 60-х годах прошлого века (Брайцева и др., 1968; Куприна, 1970; Мелекесцев, 1963). Для голоценового этапа было выделено несколько уровней террас: цокольные террасы высотой 9–13 м, существенно более низкие надпойменные террасы (5–8.5 м), а также высокая (3–3.5 м) и низкая (1.5–2 м) поймы (Брайцева и др., 1968). Н.П. Куприна (1970) выделяла несколько иные высотные уровни для высокой (4–6 м) и низкой (1.5–3 м) пойм. В упомянутых работах подчеркивалось, что пойменные уровни хорошо прослеживаются вдоль всего профиля долины, а их отложения представлены переслаивающимися супесями, суглинками, мелко- и тонкозернистыми песками, иногда торфами, содержащими прослойки вулканических пеплов; при этом пойменная фация повсеместно подстилается галечниками с песчано-гравелистым



**Рис. 1.** Расположение изученных разрезов (I–IV) в среднем течении р. Камчатки. На врезке показан район исследований на карте полуострова Камчатка.

**Fig. 1.** Location of studied sections (I–IV) in middle course of Kamchatka River. The inset shows location of the studied area within the Kamchatka peninsula.

заполнением (русовая фация аллювия) (Брайцева и др., 1968; Куприна, 1970).

Впоследствии лишь для двух торфяных обрывов р. Камчатки были получены и опубликованы радиоуглеродные датировки. Так, для 9-метровой террасы у яра Большого (среднее течение р. Камчатка) (рис. 1) возраст начала торфонакопления составил около 7 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н. (Чердынцев и др., 1969), при этом подошва торфа находится на высоте около 6 м над урезом. В нижнем течении р. Камчатки детально изучен 3.5-метровый разрез Черный Яр (рис. 1): возраст начала торфонакопления составил около 6 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н.; отмечено, что наиболее поздние суглинистые прослои, отвечающие отложениям паводков, зафиксированы около 3.5 тыс.  $^{14}\text{C}$  л.н. (Певзнер и др., 1997).

Таким образом, на сегодняшний день данные о возрасте и особенностях формирования разновысоких террас р. Камчатки в голоцене весьма малочисленны.

Основная цель данного исследования — изучение отложений и определение возраста начала торфонакопления в низких (3–4 м) береговых обрывах среднего течения р. Камчатки. Для достижения поставленной цели было проведено полевое изучение отложений низких береговых обрывов р. Камчатки и установлены тефрохронологические корреляции погребенных пеплов; отобраны пробы на радиоуглеродное ( $^{14}\text{C}$ ) датирование и комплексный биологический анализ. Проведена лабораторная обработка проб с дальнейшим определением радиоуглеродного возраста погребенной органики и приведение  $^{14}\text{C}$  дат к шкале календарного возраста. Установлен комплекс биоостатков (высшие растения, диатомовые водоросли, микрофоссилии) для оценки палеоэкологической обстановки накопления осадков.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для четырех участков долины р. Камчатки, где расположены изученные разрезы (рис. 1), были составлены геоморфологические схемы (рис. 2), на которых показана приуроченность точек опробования к основным структурным элементам долины.

Идентификация и корреляция погребенных вулканических пеплов, обнаруженных в разрезах, проводилась в процессе полевых исследований с учетом данных по распространению ареалов маркирующих пеплов крупнейших извержений (Braitseva et al., 1997), а также строению ранее изученных почвенно-пирокластических чехлов в Центральной Камчатке (Певзнер и др., 2006).

Радиоуглеродное датирование проводилось в Геологическом институте РАН (Москва) по стандартной почвенной методике, которая под-

робно рассмотрена в работе (Певзнер, 2015). Приведение радиоуглеродных дат к календарному возрасту выполнено по программе калибровки Оксфордского университета OxCal v4.3.2 (Bronk Ramsey, 2009). Обработка и анализ оригинальных радиоуглеродных дат, а также данных о возрасте маркирующих пеплов крупнейших извержений производилась с помощью программного пакета Bchron 3.1 согласно (Parnell et al., 2008). Были построены геохронологические модели (глубина—возраст) скорости роста отложений. Это позволило нам не только оценить скорость осадконакопления, но и верифицировать полученные даты.

С целью определения условий, в которых формировались отложения высокой поймы, был применен комплексный биологический анализ по методике, изложенной в работах (Кордэ, 1960; Успенская, 1986) и, в частности, анализ диатомовых водорослей. Диатомовые водоросли могут служить надежными индикаторами изменения обстановок осадконакопления. Их можно встретить во всевозможных биотопах, которые формируются в пределах пойменно-руслового комплекса, а также вне его.

Идентификация диатомовых водорослей проводилась на основе классификации (Krammer, Lange-Bertalot, 1986–1991).

## ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район наших исследований расположен в центральной части полуострова Камчатка, в среднем течении р. Камчатки (рис. 1). Река имеет здесь равнинный характер, ширина русла в межень составляет 100–150 м, при этом ширина пояса меандрирования достигает 8 км. Береговые обрывы имеют различные высотные уровни в диапазоне от 2 до 100 м. Высокие поверхности сложены преимущественно позднеплейстоценовыми отложениями (Брайцева и др., 1968, 2005; Певзнер и др., 2019). Высота голоценовых террас редко превышает 10 м.

Согласно данным многолетних гидрологических наблюдений (Ресурсы..., 1973) весенне-летнее половодье в Центральной Камчатке обычно начинается с конца мая, а длительность затопления пойм может составлять от 15 до 55 дней. В среднем течении крупные паводки регистрируются раз в 5–6 лет, при этом вода поднимается на 3–4 м. Максимальная высота подъема полых вод зафиксирована в районе пос. Долиновка (рис. 1) в 1961 г. и составила 682 см. Полые воды образуются в результате снеготаяния как в самой долине, так и на ее притоках, которые берут свое начало в горах.

На основании приведенных гидрологических данных можно считать, что поверхности речной



долины с высотами около 3–4 м, представляют собой высокую пойму р. Камчатки, поскольку заливаются полыми водами раз в несколько лет.

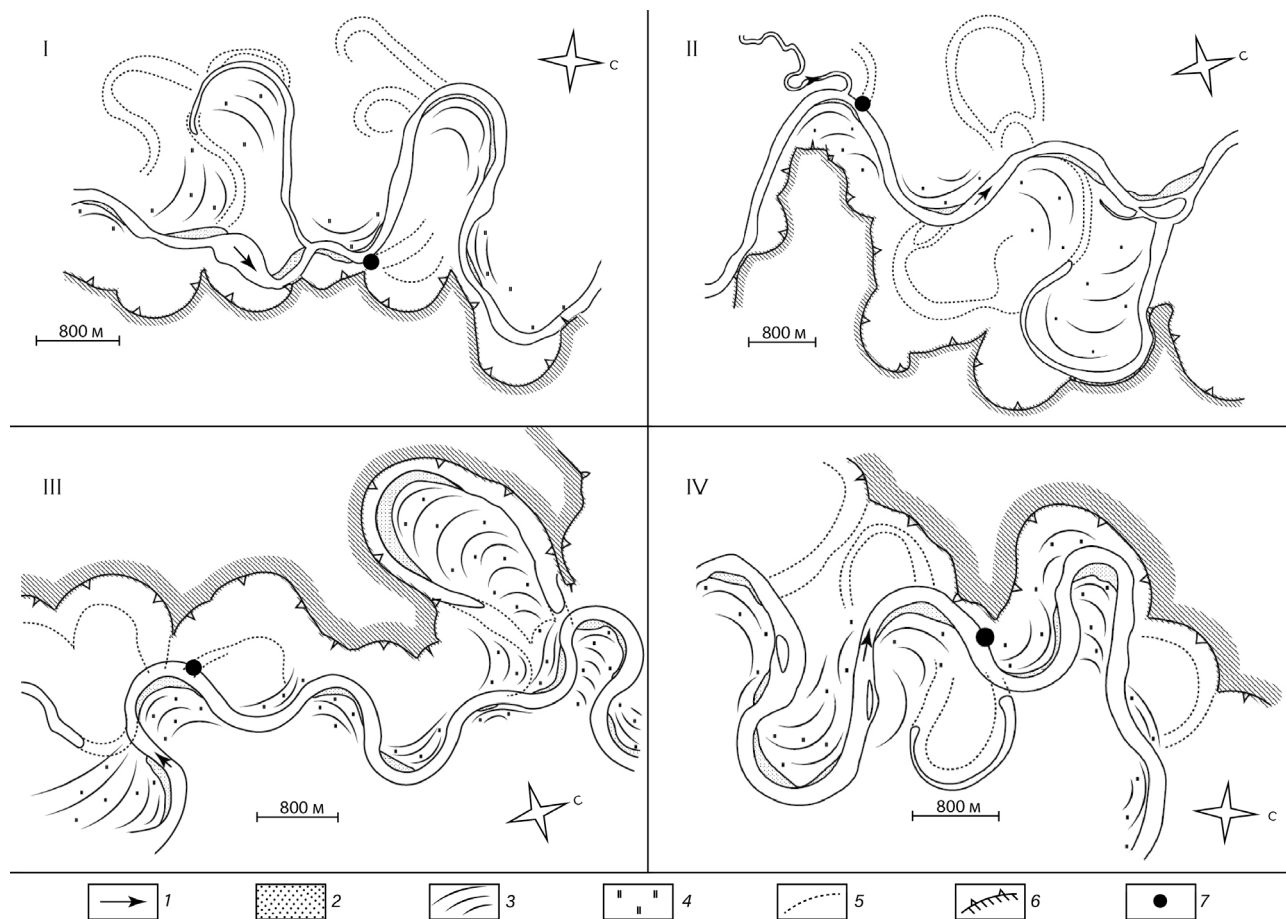
Для исследований отложений высокой поймы было выбрано два модельных участка, расположенных на расстоянии 50 км друг от друга. Верхний по течению участок расположен вблизи устья р. Кимитина и включает два разреза (рис. 2, разрезы I, II). Нижний участок находится вблизи устья р. Шапина (рис. 2, разрезы III, IV).

## ОТЛОЖЕНИЯ ВЫСОКОЙ ПОЙМЫ

Схематическое строение изученных разрезов представлено на рис. 3.

**Разрез I** (55°00'16" с.ш., 158°58'55" в.д.) расположен на правом берегу реки Камчатка в 3.7 км выше устья р. Кимитина. Большая часть обнажения представлена обрывом высотой до 6 м (рис. 4б). В его основании залегают опесча-

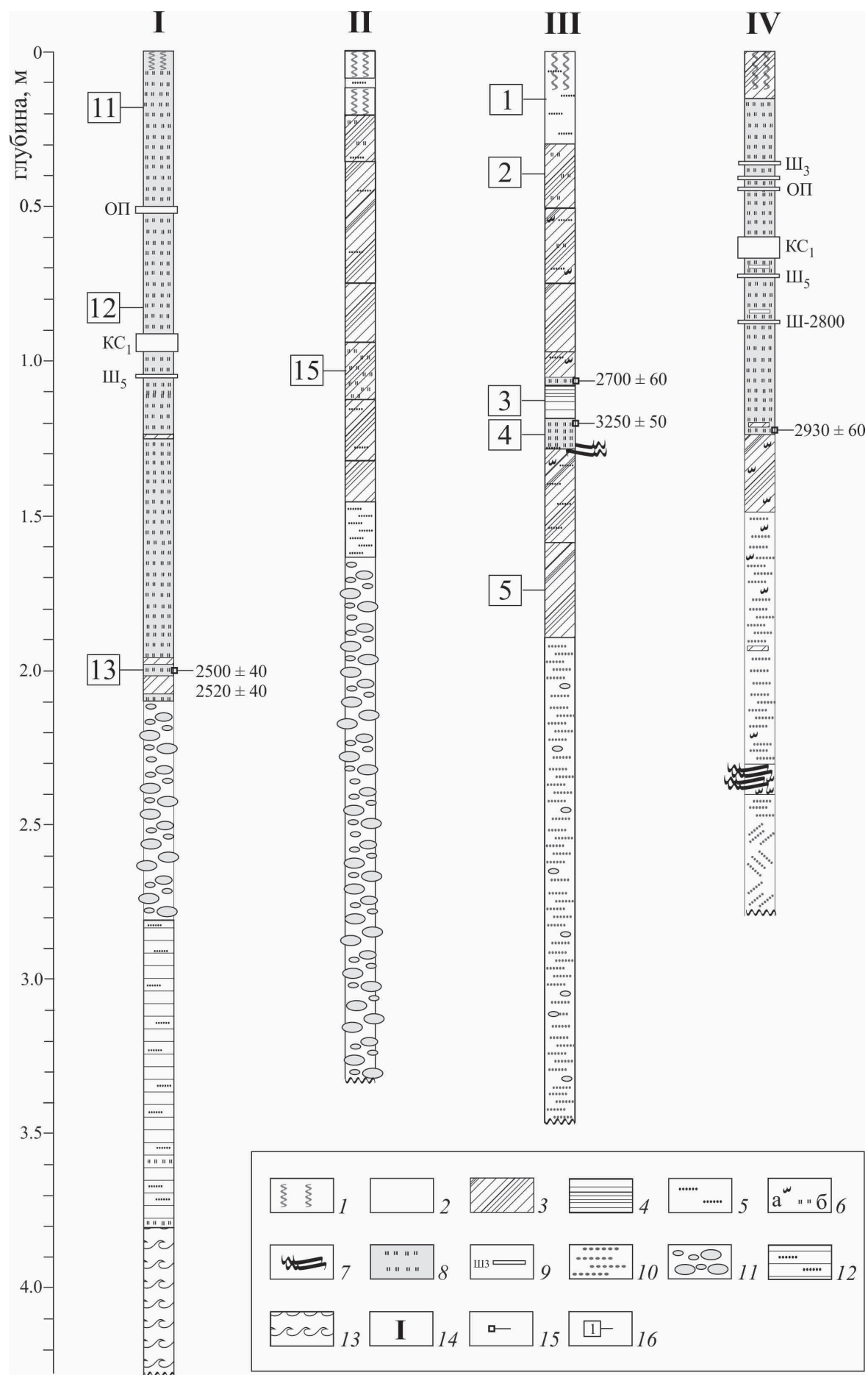
ненные алевриты и перемытый вулканический пепел неизвестного источника, относящиеся к толще «синих глин» позднеплейстоценового возраста, ранее изученные нами в яру Горелом (Певзнер и др., 2019), который расположен в одном км выше по течению (рис. 4а). Алевриты с небольшим размывом перекрыты пачкой мелкого оржавленного цементированного галечника, выше которого можно наблюдать отложения пойменной фации аллювия (опесчаненные суглинки и супеси), на которой уже развита современная дернина (рис. 4в). На поверхности обрыва растет лес, представленный смешанной тайгой из лиственницы и березы (рис. 4б). К сожалению, ни в галечнике, ни в перекрывающих его отложениях не было найдено ни погребенной органики, ни прослоев вулканических пеплов, которые помогли бы нам оценить возраст этой части разреза.



**Рис. 2.** Схематическое строение сегментно-гривистой поймы среднего течения р. Камчатки в районе исследований: 1 — направление течения в современном русле; 2 — песчаные косы; 3 — пойменные гривы; 4 — молодые пойменные сегменты; 5 — староречья; 6 — уступ коренного берега; 7 — положение разреза. I–IV — номера изученных разрезов согласно рис. 1.

**Fig. 2.** Schematic structure of the segmental-ridged floodplain in the middle course of Kamchatka river in the studied area: 1 — direction of river flow current direction in the modern channel; 2 — sandy point bar; 3 — meander scar; 4 — young floodplain segments; 5 — oxbows; 6 — bedrock bank; 7 — position of section. I–IV — the numbers of studied sections according to Fig. 1.





**Рис. 3.** Схематическое строение разрезов высокой поймы в среднем течении р. Камчатки: 1 — дернина; 2 — супесь, почва лесная; 3 — суглинок; 4 — озерные алевриты; 5 — речные пески; 6 — рассеяная органика: а — мелкий растительный детрит, б — оторфованные прослои; 7 — древесина; 8 — торф; 9 — прослои вулканических пеплов: вулкана Шивелуч (Ш<sub>3</sub> 1478±18, Ш<sub>5</sub> 1900±50, Ш-2800 2800±50), Ксудач (КС<sub>1</sub> 1806±16), кратера Бараний Амфитеатр на вулкане Опала (ОП 1478±18 <sup>14</sup>С лет по (Braitseva et al., 1997; Ponomareva et al., 2015)); 10 — пески речные горизонтально и косослоистые; 11 — галька; 12–13 — позднеплейстоценовые отложения толщи «синих глин»: 12 — опесчаненные алевриты горизонтально слоистые, 13 — перемытый вулканический пепел неизвестного источника с волнистой слоистостью; 14 — номера разрезов согласно рис. 1–2; 15 — места отбора проб на <sup>14</sup>С анализ, рядом значение радиоуглеродного возраста (табл. 2); 16 — номера проб на комплексный биологический анализ (табл. 1).

**Fig. 3.** Schematic structure of flood plain sections in middle course of Kamchatka River. 1 — turf; 2 — sandy loam, forest soil; 3 — clay loam; 4 — lake aleurite; 5 — river sand; 6 — scattered organic matter: a — fine plant residues, b — turfy layer; 7 — wood; 8 — peat; 9 — ash layers: of Shiveluch Volcano (Ш<sub>3</sub> 1478±18, Ш<sub>5</sub> 1900±50, Ш-2800 2800±50), Ksudach Volcano (КС<sub>1</sub> 1806±16), Baranii Amphitheatre on Opala Volcano (ОП 1478±18 <sup>14</sup>С year (Braitseva et al., 1997; Ponomareva et al., 2015)); 10 — horizontal and cross-bedded river sand; 11 — pebble; 12–13 — Late Pleistocene sediments of «blue clay»: 12 — sandy aleurite with horizontal bedding, 13 — outwashed ash of unknown source with wavy layering; 14 — numbers of sections according to Fig. 1–2; 15 — sampling sites for radiocarbon analysis and values of radiocarbon age (Table 2); 16 — numbers of probes for multipurpose sectional biological analysis (Table 1).

**Таблица 1.** Результаты комплексного группового биоанализа отложений высокой поймы в среднем течении р. Камчатки.

**Table 1.** Results of multipurpose sectional biological analysis of floodplain sediments in middle course of Kamchatka River.

Разрез	№ пробы	Высшие растения	Золотистые водоросли	Диатомовые водоросли				Другое
				всего	П	О (Р)	Д	
I	11	23.0	4.6	72.4	2.8	66.2 (14.1)	31.0	—
	12	68.3	1.0	30.7	1.1	45.6 (20.0)	3.3	—
	13	44.0	—	56.0	13.1	60.1 (22.9)	26.8	—
II	15	18.0	0.1	81.4	25.1	37.9 (—)	37.0	0.4
III	1	9.3	—	89.8	12.5	54.2 (13.5)	33.3	0.9
	2	81.8	—	17.1	20.0	—	80.0	1.1
	3	14.7	—	83.3	—	73.6 (26.4)	24.8	2.0
	4	67.1	2.3	30.6	16.5	45.5 (—)	35.5	—
	5	27.2	—	71.8	8.6	66.4 (19.3)	16.4	1.0

Примечание. Ботанический состав рассчитан в % от суммы биоостатков размерностью более 250 мкм. Комплексный состав водорослей рассчитан в % от суммы биоостатков размерностью 4 — 250 мкм. П — планктонные, О — обрастатели, Р — реофильные, Д — донные. Реофильные диатомовые, входящие в группу обрастателей, указаны для оценки степени проточности водоема.

Note. Botanical composition is calculated as a percentage of all plant residues with the size more than 250 microns. Multipurpose algae composition is calculated as a percentage of all plant residues from 250 to 4 microns. П — plankton group, О — periphytongroup, Р — rheophilegroup, Д — Benthos group. Rheophilic diatoms (included in a periphyton group) are indicated for assessment of flow level.

**Таблица 2.** Результаты радиоуглеродного датирования торфа

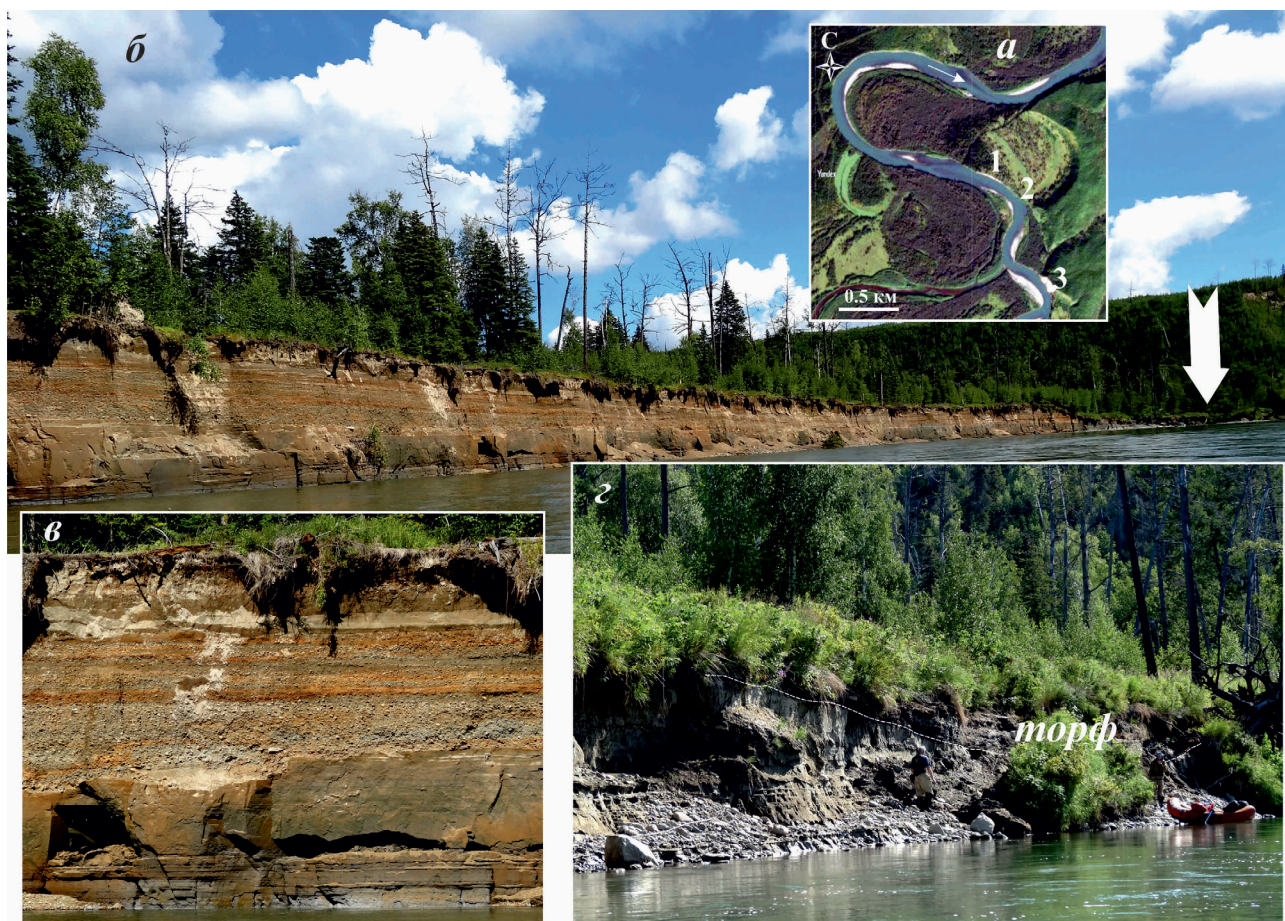
**Table 2.** Results of radiocarbon dating of peat

№ ГИН-	Разрез	Материал	<sup>14</sup> С дата, лет	Календарный возраст
15307	I	торф	2500±40 г2	2486 (2743-2436) calBP
			2520±40 г1	2486 (2748-2471) calBP
15805	III	торф	3250±50 г	3460 (3560-3376) calBP
15804	III	торф	2700±60 г	2800 (2945-2742) calBP
15806	IV	торф	2930±60 г	3100 (3247-2922) calBP

Примечание. Датирование выполнено по щелочным вытяжкам из торфа: г — одна горячая, г1 и г2 — последовательные холодная и горячая вытяжки. В скобках указан максимальный возрастной интервал с 95% вероятностью, перед скобками — предполагаемый календарный возраст лет назад (calBP).

Note. Dating was made based on alkaline extract of peat: г — one hot, г1 and г2 — cold, followed by hot extraction. The maximum age interval is specified in brackets with 95% probability, and the assumed calendar age years ago (cal BP) before brackets.





**Рис. 4.** Обстановка накопления разреза I: *a* — положение 6-метровой террасы (1), торфяника (2) и яра Горелого (3) на космическом снимке местности из Яндекс.карты; *б* — общий вид 6-метровой террасы, где, в верхней по течению части обнажения, расположен торфяник (его положение указано белой стрелкой); *в* — строение 6-метровой террасы; *г* — вложение торфяной линзы разреза I. Фото М.М. Певзнер.

**Fig. 4.** Environment of sedimentation of section I: *a* — location of 6-meter terrace (1), peat bog (2) and Yar Gorely (3) on satellite images (Google Earth resource); *б* — general view of 6-meter terrace, where, in the upstream part of the outcrop, peat is located (shown with white arrow); *в* — structure of 6-meter terrace; *г* — lens of peat of section I. Photo by M. Pevzner.

Верхний по течению край обнажения, по-видимому, существенно размыв. Его высота не превышает 4.2 м (рис. 3), а поверхность представляет собой злаково-разнотравный луг, заросший кустарником. Встречаются малина, ежевика, подрост березы, иван-чай, таволга, злаки. В основании разреза залегают позднелейстоценовые отложения. Их видимая мощность здесь около 1.5 м: под урез уходят отложения перемытого пепла, который перекрывается тонкодисперсными стратифицированными алевритами, обогащенными прослоями песка, на контакте с пеплом установлены маломощные оторфованные горизонты. Выше залегает крупный выбеленный сыпучий галечник мощностью 70 см, который перекрывается 20 см тонкого сортированного речного песка оливково-серого цвета. Основную часть разреза составляет торфяник. Его мощность достигает 2 метров. Торф стратифицированный, светло-бурого цвета,

с маломощными прослоями песка, сфагновый, слабо разложившийся. Был проведен комплексный ботанический анализ образцов верхней (табл. 1, проба 11), средней (табл. 1, проба 12) и нижней (табл. 1, проба 13) частей торфяника.

На фотографии (рис. 4а) хорошо видно, а на рис. 2 показано, что разрез I связан именно со староречьями, для торфяника характерна линзообразная форма (рис. 4г), отвечающая положению старицы. При этом алевриты и ржавые галечники 6-метрового обрыва образуют некоторую высотную ступень (рис. 4а), оставшуюся после размыва древних толщ, которые еще сохранились в яру Горелом. При этом ржавый сцементированный галечник 6-метрового обрыва и крупный сыпучий выбеленный галечник основания разреза I свидетельствуют о двух совершенно разных эпизодах жизни реки.

Густой лес на поверхности 6-метрового обрыва, а также данные гидрологических наблю-

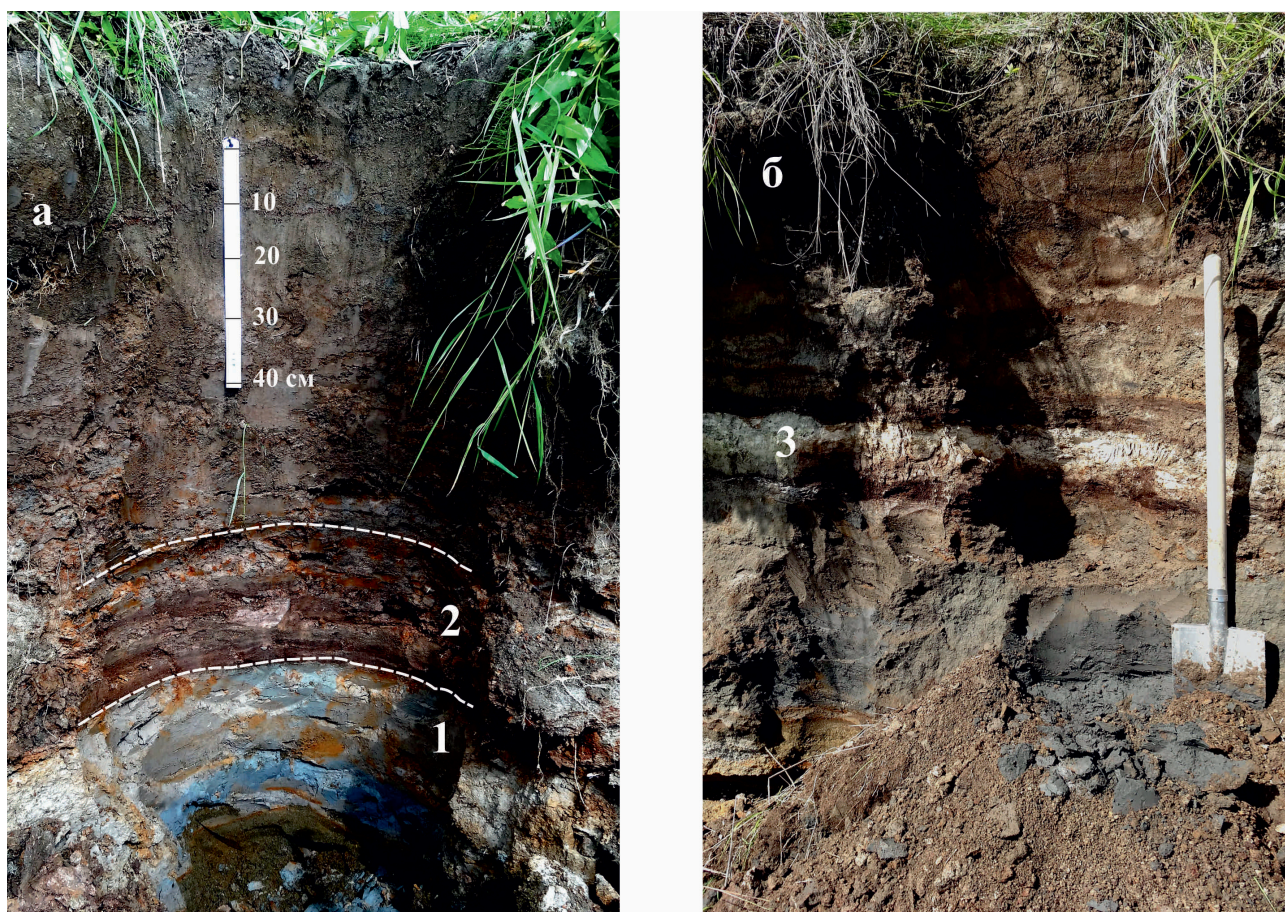


дений позволяют предполагать, что эта поверхность уже не заливается современными паводками, поэтому может быть охарактеризована как цокольная терраса. По-видимому, разрез I также следует отнести к террасам, поскольку на поверхности торфа мы не наблюдаем отложений полых вод (рис. 3).

**Разрез II** ( $55^{\circ}02'22''$  с.ш.,  $158^{\circ}58'21''$  в.д.) расположен на левом берегу р. Камчатка в 0.1 км ниже впадения в нее р. Кимитина. Высота обрыва составляет 3.5 м (рис. 3). Поверхность поймы занята злаково-разнотравным лугом с хвощом полевым, мятликом, осоками и бодяком. Основание разреза составляет галечник мощностью 1.5 м, на нем залегает хорошо сортированный речной песок темно-серого цвета мощностью 20 см. Выше среднесуглинистые отложения сизовато-серого цвета с ржаво-охристыми пятнами и железистыми конкрециями (рис. 5а). Слоистость у суглинков практически отсутствует или же она плохо выражена. В верхней части суглинки приобретают теплые

оттенки и постепенно переходят в оторфованные суглинки бурого цвета, на которых залегает слабо суглинистый торфяной горизонт мощностью 20 см. Верхнюю часть разреза составляют среднесуглинистые отложения, иногда опесчаненные, буровато-серого цвета с рыжими пятнами и примазками железистых новообразований темно-вишневого цвета. Четкая слоистость отсутствует.

По-видимому, отложения, составляющие данный разрез, формировались в пределах пойменно-руслового комплекса с периодическими изменениями в условиях осадконакопления. Русловая фация аллювия основания разреза сменилась плотными суглинками сизого цвета, которые, вероятнее всего, отлагались в аквальных условиях мелководного водоема. Появление органогенного горизонта с преобладанием в составе макроостатков водно-болотной растительности, свидетельствует о его формировании в условиях прибрежной литорали. Основную часть разреза составляет однородный



**Рис. 5.** Строение разрезов II и III: а — разрез II, цифрами выделены: 1 — сизые суглинки, 2 — суглинистый торф; б — разрез III, цифрой 3 показан горизонт переотложенного пепла (проба 3 на рис. 3). Фото Т.Д. Каримова.

**Fig. 5.** Structure of sections II and III. а — section II, numbers mark blue clay loams (1), clay peat (2); б — section III, number 3 shows horizon of outwashed ash (probe 3 on Fig. 3). Photo by T. Karimov.

буровато-серый суглинок, который мог образовываться в условиях постоянного поступления тонкого материала паводков, который ежегодно вовлекался в почвообразовательный процесс.

**Разрез III** (55°18'12" с.ш., 159°19'40" в.д.) расположен на левом берегу р. Камчатка ниже по течению от пос. Таежный (рис. 1). Высота обрыва составляет около 3.5 м (рис. 3). Поверхность высокой поймы представляет собой суходольный луг, заросший кустарником (в основном спирея вязолистная). Основание разреза составляет цементированный ожелезненный песок с мелкой дресвой. Видимая мощность данного горизонта над урезом составляет 1–1.5 м. Выше залегает 30 см прослой среднего опесчаненного суглинка сизоватого оттенка с редкими ржавыми пятнами. Выше залегает 30 см буровато-серый суглинок комковатой структуры со значительным количеством органики и древесных остатков; по гранулометрическому составу и цвету он очень похож на верхний слой с современной дерниной. На верхней границе суглинка довольно большое количество мелкого плавника. Выше расположен сильно разложенный темно-бурый торф мощностью около 10 см. Торф стратифицирован, в нижней части со значительным количеством древесных остатков и фрагментов коры. Исходя из ботанического анализа, это было мелкое торфяное болото, густо заросшее влаголюбивыми травами, осокой и мхами. На торфе залегает линза пепла пелитовой размерности, грязно-белого цвета с ржавыми и бурыми затеками (мраморовидный окрас) мощностью до 11 см, которая прослеживается на расстоянии до 30 м (рис. 5б). Отличительной особенностью данных отложений является мажущая текстура при растирании во влажном состоянии и белоснежно-белый цвет в сухом. Можно предположить, что обсуждаемый пепел мог принадлежать извержению вулкана Шивелуч с возрастом около 2800 <sup>14</sup>С лет, идентифицированный нами в соседнем разрезе IV (рис. 1, 3). Выше залегает десятисантиметровый прослой стратифицированного торфа, переслаивающийся со средним суглинком серого цвета. Верхняя часть профиля представляет собой чередование минеральных (серых с холодными оттенками) и органогенных (от светло до темно-бурого цвета) горизонтов, в некоторых местах с пятнами ожелезнения и современными корнями. Венчает разрез дернина на среднем суглинке буровато-светло-серого цвета.

**Разрез IV** (55°14'12" с.ш., 159°29'46" в.д.) расположен на левом берегу р. Камчатка, в 11 км выше устья р. Шапина (рис. 1). Он представляет собой обрыв высотой около 3–3.5 м (рис. 3). Основание разреза сложено сыпучими тонкозернистыми

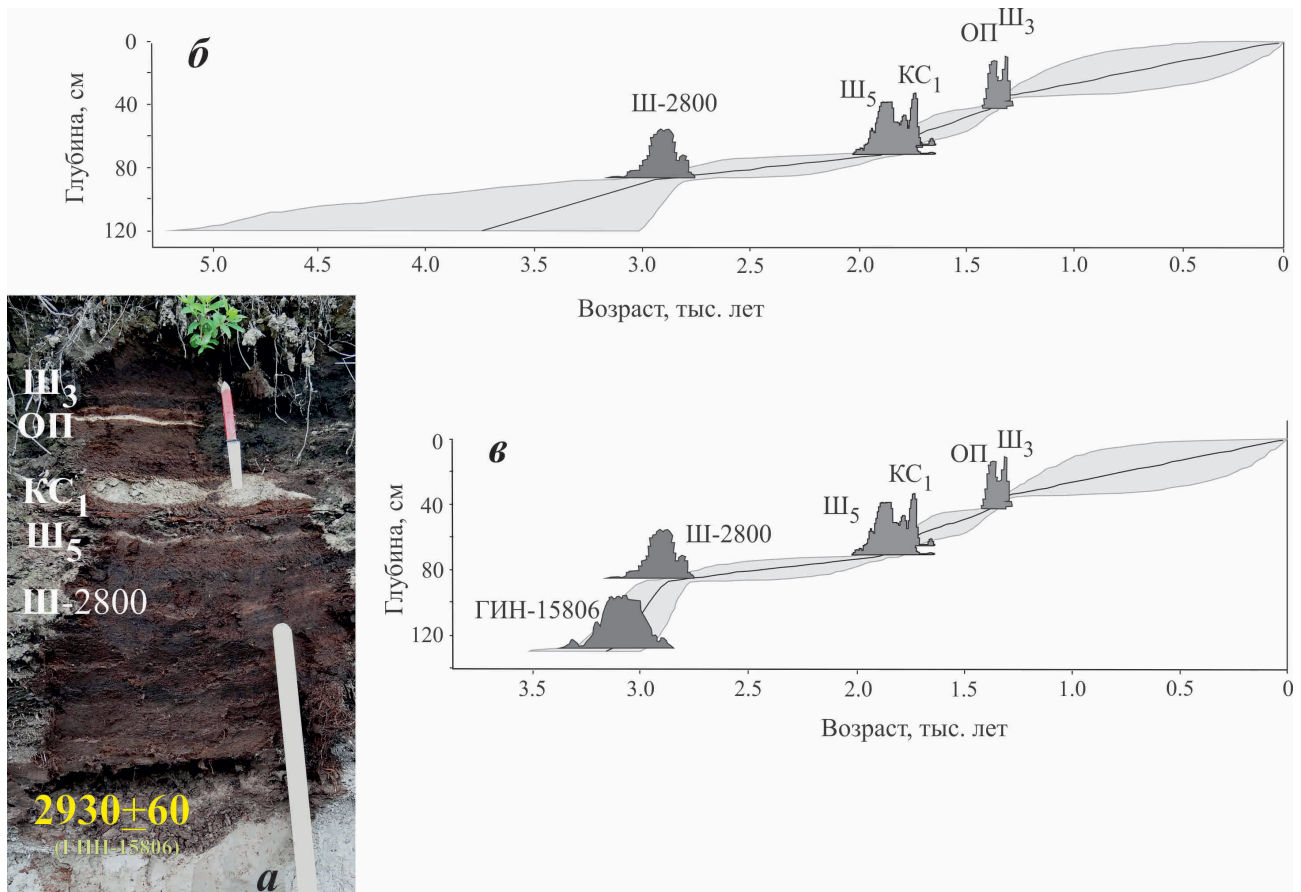
песками с горизонтальной и косой слоистостью с видимой мощностью 40 см. На них залегает метровая пачка сортированных песков с косой слоистостью и линзами тонкого материала между косо ориентированными слоями. Также имеются небольшие линзы рассеянной органики (мелкий растительно-древесный детрит), а у нижней границы наблюдается 15 см прослой древесных разноразмерных остатков (плавник речного завала), перемешанных с песком и микроорганикой. Наличие рассеянной органики в песках, перекрывающих завал, может свидетельствовать о начале субаэрального осадконакопления в условиях мелководного староречья, почти утратившего связь с рекой. Выше залегает суглинок мощностью 30 см, светло-серого цвета с пятнами ожелезнения, с глыбистой структурой и рассеянной микроорганикой. Верхняя метровая пачка представляет собой торф, от светло-бурого к темно-бурому цвета, средней степени разложенности, неясного состава. В торфе встречено 6 маркирующих прослоев тефры (рис. 6а). Верхние 15 см представлены средним суглинком, пронизанным корнями.

По аналогии с разрезом I, можно предположить, что торф разреза IV накапливался в старичном озере, удаленном от действующего русла реки. При этом обособление старицы маркирует древесный завал, а выше мы наблюдаем последовательное ее закрытие: от песков с рассеянной органикой, к суглинку с микроорганикой и далее к торфу. Верхний горизонт суглинка, перекрывающий торф, характеризует новый этап жизни разреза, когда река опять приблизилась (и мы видим естественное обнажение этого торфа в береговом обрыве) и начала откладывать на поверхность торфа отложения крупных паводков.

### ТИПЫ ОТЛОЖЕНИЙ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ ВЫСОКОЙ ПОЙМЫ

Состав высших и низших растений во всех трех пробах торфа из разреза I оказался схожим и показал доминирование среди высших растений злаковых и осок (*Gramineae*, *Carex caespitosa*). Для торфа (рис. 3; табл. 1, пробы 11–13) характерно преобладание среди диатомовых водорослей группы обрастателей (от 1/2 до 2/3 всех видов), на втором месте донные виды (от 1/3 до 1/2). Планктонных форм мало, в основном это представители родов *Melosira* и *Cyclotella*. Среди обрастателей преобладают *Meridion circulare* и *Fragilaria*, доля реофильных (*Meridion circulare*) составляет 14–23% от всех обрастателей. Донные в основном представлены *Navicula* и *Pinnularia*. *Meridion circulare* относится к экологической группе водорослей-сапробионтов, которые обитают в





**Рис. 6.** Глубинно-возрастные модели для разреза IV: *а* — торфяная часть разреза, по которой построены модели, фото М.М. Певзнер; *б-в* — глубинно-возрастные модели: *б* — с использованием возрастных реперов ранее датированных вулканических пеплов, *в* — дополнен радиоуглеродной датой для основания торфа. Индексы и радиоуглеродный возраст маркирующих пеплов представлены на рис. 3.

**Fig. 6.** Age-depth models for section IV: *a* — peat horizon of section on which the models were built (photo by M. Pevzner); *б-в* — age-depth models: *б* — on the basis of dated volcanic beds of the ash, *в* — supplemented by radiocarbon date of the peat basement. For indexes and radiocarbon ages of marker beds of the ash see Fig. 3

водоемах с высоким содержанием органического вещества. Также характерно наличие большого количества макроостатков высших растений, причем, в основании торфяного профиля преобладают фрагменты древесной коры, листьев и древесины кустарников, что можно связать со стадией первичного древесного завала протоки, которые часто формируются на входе в речную протоку, способствуя ее перекрытию (Чалов и др., 2010). В средней части профиля установлены хвощ, осоки и травянистые остатки. В кровле торфа существенно преобладают травянистые растения, т.е. уже намечается переход к условиям заболоченного луга.

Установленные ассоциации диатомей могут свидетельствовать об отложении исследуемых осадков в условиях глубокого холодного проточного водоема. Однако, говоря о глубоководности, стоит подчеркнуть, что речь идет о первых метрах и никак не о водоемах с глубиной в десятки и сотни метров. Об этом свидетельствует отсутствие собственно глубоководных видов

диатомей. Примечательно, что нижняя проба 13 характеризует наиболее влажные, а верхняя проба 11 — наиболее сухие условия накопления торфа (табл. 1). Снизу вверх прослеживается тенденция к уменьшению глубинности и проточности водоема. А самая верхняя проба характеризует субаэральное осадконакопление, т.е. травяной луг. Скорее всего, отложения нижней части разреза формировались в обстановке, тесно связанной с активным руслом реки, т.е. территория периодически затоплялась полыми водами. Более поздние отложения фиксируют удаление русла от места опробования (возможно в результате спрямления меандра), вероятнее всего это были условия, постепенно зарастающего старичного озера, на первых этапах частично связанного с активным руслом реки.

Оторфованный суглинок из разреза II (рис. 3; табл. 1, проба 15) в равных долях состоит из обрастателей (*Epithemia*, *Rhopalodia*, *Eunotia*, *Fragilaria* и др.) и донных видов (*Pinnularia* и др.), присутствует заметное количество планктонных форм



(*Melosira italica*, *Melosira distans*). В крайне малых количествах отмечены золотистые и эвгленовые водоросли, а также губки (*Spongia*), мшанки (*Bryozoa*) и ветвистоусые рачки (*Cladocera*). Остатки высших растений составляют менее 20% пробы, среди них преобладают представители водно-болотной растительности (85%), в том числе осоки (15%). По-видимому, оторфованный суглинок образовался в слабо заболоченном относительно глубоком водоеме со спокойной водой — небольшом озере на пойменной террасе. На фоне подстилающих и перекрывающих этот горизонт суглинков, отложившихся во время половодий, можно предполагать этап пониженного стока реки, во время которого на пойме начала формироваться болотная растительность.

Верхняя проба из разреза III (рис. 3; табл. 1, проба 1) большей частью состоит из диатомовых водорослей, т.е. это существенно водные отложения. Преобладают обрастатели (*Fragilaria*, *Meridion* и др.) и донные виды (*Pinnularia*, *Navicula*, *Hantzshia*, *Amphora*), планктона (*Melosira*) существенно меньше. Значительный процент составляют реофильные формы (*Meridion circulare*, *Hannaea arcus*), свидетельствующие о высокой проточности водоема. Макроостатков высших растений мало, они представлены травянистыми растениями (40%), злаками (40%), осоками (20%), единично встречены мхи. Диатомовый комплекс отвечает обстановке временного разлива полых вод. При этом наличие травянистой растительности позволяет предполагать малую мощность наносов, при которых корневая система не уничтожалась и после схода паводка вегетация продолжалась.

Проба 2 (рис. 3; табл. 1, разрез III) главным образом представлена макроостатками злаковых (70%) и других травянистых растений (30%) с единичными фрагментами кустарниковой растительности. В небольших количествах сохранились пыльца и споры высших растений. Диатомовых мало, среди них преобладают донные виды (*Hantzshia*, *Pinnularia*), в незначительном количестве планктонные (*Melosira*). Проба идентифицируется как отложения сырого луга. Этот луг был погребен отложениями паводка (проба 1), а частично сохранившаяся корневая система луговой растительности в дальнейшем позволила возобновить вегетацию после схода воды.

Более 80% пробы 3 (рис. 3; табл. 1, разрез III) составляют диатомовые водоросли, из них 2/3 приходится на долю обрастателей (*Hannaea arcus*, *Fragilaria*, *Denticula* и др.) и около четверти видов — на донные формы (*Pinnularia*, *Navicula*, *Amphora*). Высока доля реофильных (*Hannaea arcus*, *Meridion circulare*), которые составляют четверть от всех обрастателей, в том числе при-

сутствует *Meridion circulare*, которая характерна для торфяных болот. Среди остатков высших растений преобладают травянистые (100%), в том числе хвощи, единично встречены фрагменты мха. По-видимому, комплекс макроостатков высших растений в пробе 3 частично наследует флору подстилающего горизонта торфа (проба 4). Комплекс биоостатков свидетельствует о неглубоком водоеме с проточной водой. Выше мы уже обсуждали, что эта проба могла формироваться в локальном озере на поверхности мокрого болота, где захоронился вулканический пепел.

Проба 4 (рис. 3; табл. 1, разрез III) представлена торфом и на 2/3 состоит из макроостатков водно-болотных растений (30%), зеленых мхов (10%), осок (10%) и травянистых (50%). Установлены золотистые водоросли. Среди диатомовых преобладают обрастатели рода *Fragilaria* (3/4), заметно меньше донных (*Pinnularia*, *Stauroneis* и др.), а планктонных видов не обнаружено. Реофильные диатомеи *Hannaea arcus*, *Meridion circulare* составляют четверть от всех обрастателей. Изученный комплекс по своим характеристикам весьма близок к образцам торфа из разреза I. Вероятно, материал пробы 3, в отличие от проб 11–13, образовывался в обстановке с более выраженным проточным режимом, о чем свидетельствует присутствие *Hannaea arcus*.

Проба 5 (рис. 3; табл. 1, разрез III) почти на 2/3 состоит из диатомовых водорослей. Преобладают обрастатели родов *Hannaea arcus*, *Fragilaria*, *Diatoma hiemale* (2/3 от всех диатомовых). Второе место по численности составляют донные виды *Navicula*, *Pinnularia*, *Amphora* и др. (около 16%), планктонных форм (*Melosira*) менее 10%. Проточность водоема характеризуется наличием значительного количества реофильных водорослей (*Hannaea arcus*, *Meridion circulare*). Подобный диатомовый комплекс более всего напоминает отложения паводка (доминирование обрастателей, в том числе значительное количество реофильных форм). Однако, наличие водно-болотной растительности (присутствуют хвощ и осоки) свидетельствует о начале процесса заболачивания и постепенному переходу к условиям стабильного осадконакопления. Как показано на рис. 3 горизонты разреза III, из которых были отобраны пробы 5 и 4 (табл. 1), разделены прослой опесчаненного буровато-серого суглинка со значительным количеством древесных остатков и линзой плавника в кровле. По-видимому, этот суглинок представляет собой отложения очередного паводка (характерно насыщение древесным детритом и линза плавника в кровле), прервавшего зарастание нижележащих отложений. Длительное отсутствие новых половодий со временем привело к формированию торфяного прослоя (табл. 1, проба 4).

На основании изученных разрезов можно заключить, что **отложения паводков** представлены преимущественно бесструктурными суглинками, иногда с примесью мелких песков. Переслаивание нескольких порций паводков образует в разрезе крупную слоистость. Мощность единичного прослоя отложений паводка в погребенном состоянии составляет 10–20 и до 50 см. Микроостатки представлены главным образом диатомовыми водорослями, среди которых преобладают обрастатели (около 2/3 всех диатомовых). В существенно меньшем количестве встречаются донные виды, еще меньше планктонных форм. Реофильные составляют 15–20% от общего количества обрастателей и представлены представителями родов *Navicula* и *Meridion circulare*. Изученный диатомовый комплекс, и по видовому составу, и по процентному соотношению разных форм характеризует отложения паводка. Прослои вулканических пеплов в отложениях паводка обычно не сохраняются.

Кроме того, в отложениях высокой поймы среднего течения р. Камчатки были выявлены локальные озера с небольшой длительностью существования, в которых накапливался **отторфованный суглинок**. Мощность таких отложений невелика и не превышает 20 см, структура однородная, иногда есть наметки на горизонтальную слоистость. Диатомовый комплекс отложений таких маленьких озер довольно близок к комплексу полых вод. Но, поскольку мелкие озера начинали быстро заболачиваться, то среди остатков высших растений фиксируется заметное количество водно-болотной растительности. В одном из таких малых озер в незначительном количестве обнаружены эвгленовые водоросли — обитатели пресных водоемов, предпочитающие мелководные хорошо прогреваемые водоемы со стоячей водой и обилием органических веществ. Это позволяет рассматривать данные водоемы как начальную (но прерванную) стадию формирования торфяного болота.

Важное значение в разрезах имеет **торф**. На основании полученных данных можно довольно уверенно говорить о том, что для торфяных отложений высокой поймы характерно преобладание среди диатомовых водорослей группы обрастателей (от 1/2 до 2/3 всех видов). В меньшем количестве присутствуют донные виды (от 1/3 до 1/2). Планктонных форм мало, либо вообще нет. Довольно много реофильных форм (14–23%), в том числе характерно наличие *Meridion circulare*. В торфах обнаружены цисты золотистых водорослей, но в небольшом количестве. Это свидетельствует о том, что воды материнских водоёмов имели среднюю или высокую минерализацию и содержали малое количество

железа. Ботанический состав торфа (хвощ, осоки, травянистые растения) характеризует низинное болото эвтрофного типа. Обнаруженные растения-гигрофиты способны переносить длительные затопления водой. Примечательно, что в начале формирования торфяного прослоя практически всегда фиксируется либо горизонт плавника, либо существенное обогащение подошвенного слоя торфа древесным детритом, что свидетельствует об образовании речного завала, перекрывающего протоку. При этом участок поймы выходит из области динамического преобразования и на какое-то время формируются стабильные условия, позволяющие накапливаться торфам в озерах и протоках старичного типа. Для молодых торфов, изученных нами в среднем течении р. Камчатки, характерно наличие четких прослоев вулканических пеплов, связанных с крупными извержениями удаленных вулканов (Шивелуч, Ксудач, Опала). Мощность торфяных прослоев может варьировать от первых сантиметров до 2 м.

#### ВОЗРАСТ ПОГРЕБЕННЫХ ТОРФОВ И ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ НАЧАЛА СУБАЭРАЛЬНОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

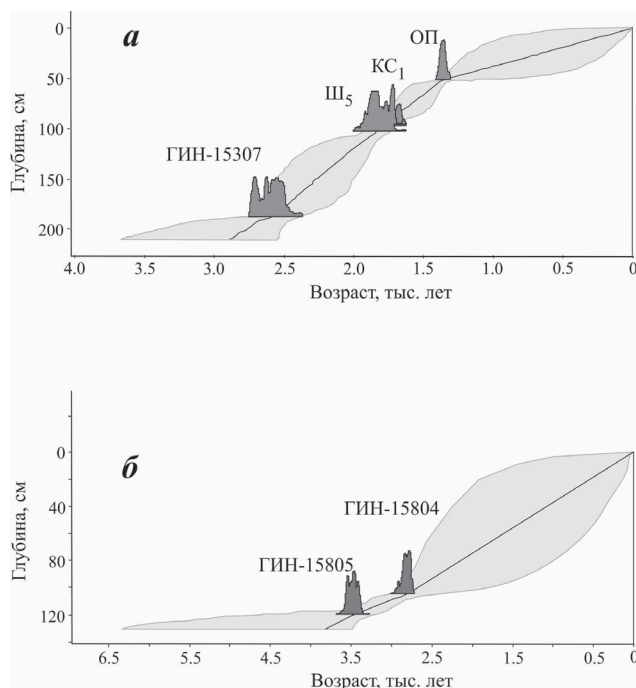
Для трех разрезов проведено определение радиоуглеродного возраста начала торфонакопления (табл. 2, рис. 3). Раньше всего торф начал накапливаться в разрезе III — около 3200 <sup>14</sup>С л.н., но это болото просуществовало менее тысячи лет (табл. 2). Согласно полученным датам, в разрезах I и IV торфонакопление началось около 2500 и 2900 <sup>14</sup>С л.н., соответственно. С тех пор эти болота существовали в довольно стабильных условиях, о чем, в том числе, свидетельствуют хорошо сохранившиеся в них прослои вулканических пеплов (рис. 3). При рассмотрении условий формирования отложений, было показано, что непрерывно накапливающиеся торфяники могут характеризовать обстановку зарастания старичного озера, удаленного от активного русла реки. Следовательно, возраст подошвы таких торфов будет свидетельствовать о времени начала заболачивания конкретного водоема. И, по-видимому, чем обширнее водоем, тем позже он начнет заболачиваться.

Анализ глубинно-возрастных моделей для разреза IV (рис. 6б, 6в) показывает, что возможный возраст подошвы разреза, рассчитанный с помощью функций математической статистики, составляет от 5 до 3 тыс. лет, а наиболее вероятный (смоделированный возраст) — около 3.8 тыс. лет, при этом допускается более или менее постоянная скорость торфонакопления (верхний график), обусловленная распределением дат по маркирующим прослоям пеплов. На нижнем

графике ситуация несколько иная: интервал разреза между датой и вышележащим пеплом Ш–2800 характеризуется исключительно высокой скоростью роста торфа, что маловероятно. В связи с этим можно допустить, что полученная дата оказалась омоложенной, это может происходить при датировании подошвы торфяников, залегающих на водоупоре, способствующем застою современной воды (Певзнер, 2015), который в данном разрезе представлен суглинком (рис. 3). Таким образом, верхний график (рис. 6б) представляется нам более корректным.

При построении глубинно-возрастной модели для разреза I были использованы данные о возрасте маркирующих пеплов и радиоуглеродная дата, полученная по основанию торфа. Показано (рис. 7а), что разрез характеризуется более или менее постоянной скоростью накопления органики, что хорошо согласуется и с данными ботанического анализа (табл. 1), поэтому у нас нет повода сомневаться в качестве полученной даты. Согласно графику, торф в этом разрезе начал накапливаться в интервале 3.5–2.5 тыс. л.н., но наиболее вероятный возраст около 2.9 тыс. л.н.

Для разреза III (рис. 7б) график построен по двум радиоуглеродным датам, что позволяет только очень осторожно предположить, что субэральные отложения, возможно, начали формироваться в интервале возраста 3.8–3.5 тыс. л.н.



**Рис. 7.** Глубинно-возрастные модели для разрезов I (а) и III (б). Индексы и радиоуглеродный возраст маркирующих пеплов представлены на рис. 3. Пояснения см. в тексте и на рис. 6.

**Fig. 7.** Age-depth models for sections I (a) and III (b). For indexes and radiocarbon ages of marker beds of the ash see Fig. 3. For details see text and Fig. 6.

Сходные оценки возраста, полученные по двум разрезам (III и IV), позволяют предполагать, что отложения высокой поймы в среднем течении р. Камчатки начали накапливаться 3.8–3.5 тыс. л.н.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Главное, что объединяет все изученные нами разрезы, это их высотная характеристика. Все обрывы, в которых установлены отложения паводка, имеют высоту около 3.5 м над урезом реки (разрезы II–IV), для двух из них (разрезы III и IV) получены близкие оценки возраста начала субэраляного осадконакопления 3.8–3.5 тыс. л.н. Единственный разрез (I), в котором торф продолжает накапливаться до настоящего времени, имеет высоту ~4 м, а органика в нем начала формироваться ~2.9 тыс. л.н. Таким образом, мы можем утверждать, что отложения высокой поймы в среднем течении р. Камчатки формируют поверхность с высотными отметками не выше 4 м (около 3.5 м). А возраст отложений вряд ли древнее 3.8 тыс. л.н. (3.8–3.5 тыс. л.н.).

На рис. 3 показано, что мощность пойменно-старичного аллювия в изученных разрезах составляет около 1.5 (разрез II), 2-х (разрез III) и даже 2.5 м (разрез IV). При этом возраст ранних торфов никак не коррелирует с мощностью этих отложений.

При сравнении разрезов можно выявить значительную схожесть между I и IV разрезами. Это непрерывно существующие торфяники с хорошо сохранившимися прослоями маркирующих пеплов (рис. 6а). При этом, разрезы II и III, в которых накапливались осадки того же возраста, визуально различных горизонтов пеплов не содержат. Намытый в локальном озере пепел в разрезе III (рис. 3, проба 3; рис. 5б) не является исключением, это частный случай формирования торфяной залежи.

Ранее мы указывали, что непрерывное накопление торфа скорее характерно для стариц, удаленных от действующего русла и поэтому находящихся в довольно стабильной обстановке. Напротив, отложения собственно пойменной фации, представленной главным образом разнообразными суглинками, характерно для центральных частей долины, что подразумевает частые намывы полых вод (и одновременно размывы подстилающих отложений), т.е. весьма динамичную обстановку накопления. Получается, что в одно и то же время, но в разных динамических обстановках в долине р. Камчатки формировались пойменно-старичные отложения, которые в наши дни одинаково подрезаются современным руслом. Следовательно, анализ доступных к изучению береговых обрывов позво-



ляет нам получать данные о характере миграции основного русла в прошлом.

Наиболее древний торф, по которому нам удалось получить возраст около 3200 <sup>14</sup>C лет (3460 calBP), все же обнаружен в разрезе с типично пойменной фацией. На рис. 3 (разрез III) видно, что непосредственно под этим торфом отмечается скопление плавника, что может свидетельствовать о формировании древесного затора. Ситуацию с речным затором и последующим формированием старичного торфа мы детально рассматривали при описании разреза IV. В разрезе III тоже начала формироваться старица, но, поскольку излучина была расположена на небольшом удалении от русла, то через относительно непродолжительное время (около 700 лет (табл. 2)) река вновь приблизилась (возможно, спрямила излучину) и на торф стали отлагаться пойменные суглинки. Т.е. стабильные условия старицы сменились динамичными условиями периодического затопления полыми водами.

Примечательно, что торфяные разрезы I и IV расположены максимально близко к уступу высокого коренного берега (рис. 1, 2), т.е. в глубине тылу долины. При этом разрезы II и III, в которых торфа накапливались кратковременно, приурочены к староречьям центральной части долины (рис. 2), и, по-видимому, маркируют довольно динамичные участки долины, которые гораздо чаще заливались полыми водами. Поэтому наличие в таких разрезах даже маломощных торфяных прослоев может свидетельствовать об этапах относительного покоя гидрологического режима в среднем течении р. Камчатки или этапах пониженного стока (маловодности). Для разреза III такой период установлен около 3.5–2.8 тыс. л.н.

При современном уровне изученности в среднем течении р. Камчатки самый древний возраст органики в отложениях высокой поймы составляет около 3200 <sup>14</sup>C л.н. Близкий возраст начала субаэрального осадконакопления или эпизодов кратковременного осушения водоемов установлен в Центральной Камчатке и в нескольких ранее изученных разрезах, но находящихся за пределами изучаемой территории (Певзнер и др., 2006). Таким образом, можно говорить о том, что для Центральной Камчатки намечается хронологический эпизод существенной перестройки гидрологического режима около 3200 <sup>14</sup>C (3460 calBP) л.н. В это время начала накапливаться ранняя органика на высокой пойме р. Камчатки и некоторых ее притоках, началось заболачивание нескольких озерных котловин в восточных предгорьях Срединного хребта (рис. 1), начал образовываться почвенно-пирокластический чехол на отложениях крупных грязевых

потоков, сошедших с западных склонов вулкана Толбачик (рис. 1). Какие причины могли спровоцировать такие изменения?

Около 3500 calBP на Камчатке зафиксировано небольшое потепление и усиление континентальности климата (Дирксен, 2017; Brooks et al., 2015; Dirksen et al., 2013), при этом никаких заметных изменений уровня моря в обсуждаемое время не происходило (Lambecka et al., 2014; Meheust et al., 2014; Woodroffe et al., 2012). Усиление континентальности климата подразумевает уменьшение осадков и водности рек. Весьма вероятно, что именно с этим событием связано начало установленного нами периода относительного покоя гидрологического режима и маловодности реки около 3.5 тыс. л.н. Однако, отложения высокой поймы начали накапливаться несколько раньше.

По данным глубинно-возрастных моделей (рис. 6б, 7б) субаэральное осадконакопление в разрезах III и IV могло начаться 6.4–2.5 тыс. л.н. При этом наиболее вероятный возраст составляет около 3.8 тыс. лет, что не противоречит данным о вышележащем раннем торфе с возрастом около 3.5 тыс. л.н. Таким образом, мы можем предполагать, что накопление отложений пойменного аллювия в среднем течении р. Камчатки началось около 3.8 тыс. л.н. (при максимальном разбросе значений возраста от 6.4 до 3.5 тыс. л.н.).

При этом возраст поверхности, на которой начали накапливаться пойменные отложения, разумеется, окажется неопределенно древнее. Какие же причины могли привести к формированию этой новой поверхности и когда это произошло?

Основными причинами формирования новых террасовидных уровней в долинах рек представляются климатические факторы, либо тектонические движения. Наиболее теплый и влажный период для голоцена Камчатки зафиксирован 7.4–5 тыс. л.н. (Дирксен, 2017). Логично предположить, что 7–5 тыс. л.н. р. Камчатка могла быть более полноводной (период теплого и влажного климата), что повлекло за собой усиление вреза, особенно в среднем течении. При этом около 7 тыс. л.н. завершается постгляциальная трансгрессия и уровень Мирового океана (базис эрозии) становится более или менее постоянным (Lambecka et al., 2014; Meheust et al., 2014). На Камчатке максимальный абсолютный уровень океана в голоцене фиксируется около 6 тыс. л.н. и это время характеризуется стабильными тектоническими условиями (Пинегина и др., 2010), т.е. с ~6 тыс. л.н. базис эрозии оставался неизменным, а заметных тектонических движений не зарегистрировано.

Установлено, что в низовьях р. Камчатки субаэральное осадконакопление в разрезе

Черный Яр началось ~6 тыс.  $^{14}\text{C}$  (6.9 тыс. calBP) л.н. (Певзнер и др., 1997). Высота разреза составляет ~3.5 м, т.е. аналогична нашим разрезам II–IV. При этом возраст начала накопления пойменно-старичных отложений для разрезов нижнего и среднего течения отличается почти в два раза (6.9 и 3.8 тыс. лет соответственно). Этот факт не поддается объяснению, если допустить общую климатическую природу формирования террасовидного уровня высотой 3.5 м для всей долины реки. Примечательно, что ~3.5 тыс.  $^{14}\text{C}$  (3.8 тыс. calBP) л.н. в торфе Черного Яра зафиксирован самый поздний прослой суглинка, связанный с разливом полых вод (Певзнер и др., 1997), что, безусловно, свидетельствует об изменении гидрологического режима реки в это время. По данным Т.К. Пинегиной с соавторами (2010) для Тихоокеанского побережья Камчатки зафиксированы косейсмические деформации, в том числе приводящие к формированию новых террас, причем, их возраст обычно не превышает 3.5 тыс. лет.

Известно, что существенные косейсмические деформации иногда фиксируются на удалении в десятки и даже сотни км от эпицентра землетрясения (Тимофеев и др., 2015). На Восточной Камчатке проводятся работы по определению возраста и параметров крупных землетрясений голоценового возраста (Kozhurin et al., 2006; Zelenin et al., 2020). Одно из них могло произойти в интервале 6274–3805 л.н. calBP (Zelenin et al., 2020); связанные с этим землетрясением деформации зафиксированы на Плато Широком, расположенном на одной широте с нашими разрезами. Не исключено, что именно это сейсмическое событие с рассчитанной магнитудой 4.2 (Zelenin et al., 2020) могло привести к существенным изменениям и в долине реки. Не располагая другими данными, пока можно предполагать, что формирование высокой поймы в среднем течении р. Камчатки началось около 3.8 тыс. лет назад. В это же время в нижнем течении реки прекратились затопления разреза Черный Яр, что свидетельствует о существенных изменениях гидрологического режима. Окончательное решение вопроса о возрасте и причинах формирования поверхности высокой поймы р. Камчатки требует дальнейших исследований и массового радиоуглеродного датирования.

## ВЫВОДЫ

Впервые изучены и датированы ранние торфа в отложениях высокой поймы р. Камчатки в ее среднем течении. Установлено, что наиболее поздний этап перестройки русла с образованием новой поверхности, на которой впоследствии

стала формироваться высокая пойма, начался не позднее 3.8 тыс. л.н., и, возможно, в интервале возраста 6.4–3.8 тыс. л.н. Это событие мы предположительно связываем с сейсмической активностью. Накопление пойменно-старичного аллювия началось в интервале 3.8–3.5 тыс. л.н. Наиболее древний торф образовался около 3200  $^{14}\text{C}$  лет (3460 calBP) в период маловодности, обусловленный региональными изменениями климата (началом потепления и усиления континентальности).

Отложения высокой поймы в районе исследования формировались в двух принципиально различных обстановках: стабильной (зарастание стариц, удаленных от основного русла) и динамичной (берега центральной части долины, подверженные регулярным затоплениям полыми водами). При динамичной обстановке отложения представлены преимущественно суглинками, иногда с примесью мелкого песка. Единичный слой суглинка обычно не слоистый, но в целом по разрезу чередование единичных прослоев формирует крупную слоистость, близкую к горизонтальной. При стабильной обстановке зафиксированы все переходы от образования древесного залома, перегораживающего протоку, до формирования долгоживущего торфа. Начало нового цикла динамичной обстановки происходит в том случае, когда река приближается к торфяному полю, препарирует залежь и перекрывает ее новыми порциями пойменных суглинков.

Наличие хорошо выраженных горизонтов погребенных пеплов характерно только для отложений торфа длительного накопления (зрелая старица). В пойменных отложениях иных типов пеплы обычно не сохраняются. Детальная корреляция отложений в удаленных разрезах возможна только по вулканическим пеплам; радиоуглеродное датирование позволяет лишь оценивать возраст накопления органики. Ассоциации диатомовых водорослей и макроостатков высших растений в погребенных отложениях позднеголоценового возраста близко согласуются с аналогичными данными по современным осадкам паводка и начальной стадии зарастания старичного озера. Полученный опыт позволяет использовать данные биоанализа для интерпретации обстановок осадконакопления и для существенно более древних погребенных аллювиальных отложений в долине р. Камчатки.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданием по теме ГИН РАН № 0135-2019-0059 и при финансовой поддержке проектов РФФИ № 17-05-00352 (полевые работы и аналитические исследования) и 20-05-00085 (анализ данных и написание статьи).

Список литературы [References]

- Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Луникина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 226 с. [Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Evteeva I.S., Lupikina E.G. Stratigraphy of Quaternary deposits and glaciation of Kamchatka. M.: Nauka, 1968. 226 p. (in Russian)].
- Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Новые данные о возрасте плейстоценовых отложений центральной камчатской депрессии // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 1. С. 121–130 [Braitseva O.A., Melekestsev I.V., Sulerzhitsky L.D. New data on the Pleistocene deposits age in the Central Kamchatka depression // Stratigraphy and Geological Correlation. 2005. V. 13. № 1. P. 99–107].
- Дирксен В.Г. Эволюция климата и природной среды Камчатки в голоцене по данным изучения озерных отложений // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XX региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога 30–31 марта 2017 г. / Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 34–37 [Dirksen V.G. Evolution of climate and natural environment of Kamchatka in the Holocene according to the study of lake deposits // Volcanism and related processes. Proceedings of the XX regional scientific conference dedicated to the day of volcanologist on March 30–31, 2017. Petropavlovsk-Kamchatsky: IVaS FEB of RAS, 2017. P. 34–37 (in Russian)].
- Кордэ Н.В. Биостратификация и типология русских сапропелей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 219 с. [Korde N.V. Biostratification and typology of Russian sapropels. M.: AN USSR, 1960. 219 p. (in Russian)].
- Куприна Н.П. Стратиграфия и история осадконакопления плейстоценовых отложений Центральной Камчатки // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 216. 1970. 148 с. [Kuprina N.P. Stratigraphy and history of sedimentation of Pleistocene deposits of Central Kamchatka // Transactions of Geological Institute of the AN USSR. 1970. 148 p. (in Russian)].
- Кушев С.Л., Ливеровский Ю.А. Геоморфологический очерк Центральной Камчатской депрессии // Тр. Института географии АН СССР. Вып. 32. 1940. 87 с. [Kushchev S.L., Liverovsky Yu.A. Geomorphological sketch of the Central Kamchatka depression // Transactions of Geological Institute of the AN USSR. V. 32. 1940. 87 p. (in Russian)].
- Мелекесцев И.В. К вопросу о строении долины р. Камчатки // Вопросы географии Камчатки. Вып. 1. 1963. С. 64–68 [Melekestsev I.V. To the question about the structure of the Kamchatka river valley // Questions of Kamchatka's geography. 1963. Iss. 1. P. 64–68 (in Russian)].
- Певзнер М.М. Голоценовый вулканизм Срединного хребта Камчатки // Труды Геологического института. Вып. 608. М.: ГЕОС, 2015. 252 с. [M.M. Pevzner Holocene volcanism of Sredinny Range of Kamchatka // Transactions of Institute of geology. Iss. 608. M.: GEOS, 2015. 252 p. (in Russian)].
- Певзнер М.М., Яшина О.В., Смышляева О.И. и др. Опорные разрезы рыхлых отложений позднего-среднего плейстоцена Камчатки: современное состояние, проблема возраста и перспективы изучения // Литология и полезные ископаемые. 2019. № 1. С. 60–89. <https://doi.org/10.31857/S0024-497X2019160-89> [Pevzner M.M., Yashina O.V., Smyshlyayeva O.I. et al. Reference sections of late-middle Neopleistocene friable sediments in Kamchatka: Present-day state and issue of age, and perspectives of study // Lithology and Mineral Resources. 2019. V. 54. № 2. P. 119–144. <https://doi.org/10.1134/S0024490218060093>].
- Певзнер М.М., Пономарева В.В., Мелекесцев И.В. Черный Яр — реперный разрез голоценовых маркирующих пеплов северо-восточного побережья Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1997. № 4. С. 3–18 [Pevzner M.M., Ponomareva V.V., Melekestsev I.V. Chernyi Yar Reference Section of Holocene Ash Markers at the Northeastern Coast of Kamchatka // Journal of Volcanology and Seismology. 1997. V. 19. № 4–5. P. 389–406].
- Певзнер М.М., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Голоценовые почвенно-пирокластические чехлы в Центральной Камчатской депрессии: возраст, строение, особенности осадконакопления // Вулканология и сейсмология. 2006. № 1. С. 24–38 [Pevzner M.M., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. Holocene Soil-Pyroclastic Successions in the Central Kamchatka Depression: Ages, Structure, Depositional Features // Volcanology and Seismology. 2006. № 1. P. 24–38 (in Russian)].
- Пинегина Т.К., Кравчуновская Е.А., Ландер А.В. и др. Голоценовые вертикальные движения побережья полуострова Камчатский (Камчатка) по данным изучения морских террас // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1. Вып. 15. С. 231–247 [Pinegina T.K., Kravchunovskaya E.A., Lander A.V. et al. Holocene Vertical Movement of Kamchatsky Peninsula Coast (Kamchatka) Based on Studies of Marine Terraces // Vestnik KRAUNTs. Earth Sciences. 2010. 1(15). P. 231–247 (in Russian)].
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 368 с. [Surface water resources of the USSR. V. 20. Kamchatka. L.: Hydrometeoizdat, 1973. 368 p. (in Russian)].
- Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Валитов М.Г. и др. Косейсмические эффекты на континентальной окраине (космическая геодезия и гравиметрия) // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2015. Т. 2. № 2. С. 264–270 [Timofeev V.Yu., Kalish E.N., Valitov M.G. et al. Coseismic Effect at Continental Borderlands (Space Geodesy and Gravity Measurement) // Interexpo Geo-Siberia. 2015. V. 2. № 2. P. 264–270 (in Russian)].
- Успенская О.Н. Другие водоросли // Общие закономерности возникновения и развития озёр. Методы изучения истории озёр. (Серия: История озёр СССР). Л.: Наука, 1986. С. 146–151 [Uspenskaya O.N. Other algae // General patterns of occurrence and development of lakes. Methods of studying the history of lakes. (Series: History of Lakes of the USSR). L.: Nauka, 1986. P. 146–151 (in Russian)].
- Чалов С.Р., Ермакова А.С., Есин Е.В. Речные залома: экологическая и руслоформирующая роль // Вестник МГУ. Серия 5. География. 2010. № 6. С. 25–31 [Chalov S.R., Yermakova A.S., Yesin E.V. Logjams on rivers, their channel-forming and environmental role // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya. 2010. № 6. P. 25–31 (in Russian)].



- Чердынцев В.В., Завельский Ф.С., Кинд Н.В. и др. Радиоуглеродные даты ГИН АН СССР. Сообщение IV // Бюлл. Комис. по изуч. четверт. периода. 1969. № 36. С. 172–193 [Cherdyntsev V.V., Zavel'sky F.S., Kind N.V. et al. Radiocarbon dates of GIN AN USSR. Message IV // Quaternary Study Commission Bulletin. 1969. №. 36. P. 172–193. (in Russian)].
- Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Крона, 2009. 682 с. [Chernov A.V. Geography and geocological state of riverbeds and floodplains of Northern Eurasia. Moscow: Krona, 2009. 682 p. (in Russian)].
- Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia. // Quaternary Research. 1997. V. 47. № 2. P. 125–139.
- Bronk Ramsey C. Dealing with outliers and offsets in radiocarbon dating // Radiocarbon. 2009. V. 51. № 3. P. 1023–1045.
- Brooks S.J., Diekmann B., Jones V.J., Hammarlund D. Holocene environmental change in Kamchatka: A synopsis // Global and Planetary Change. 2015. V. 134. P. 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.09.004>.
- Dirksen V., Dirksen O., Diekmann B. Holocene Vegetation Dynamics and Climate Change in Kamchatka Peninsula, Russian Far East // Review of Palaeobotany and Palynology. 2013. V. 190. P. 48–65. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.11.010>.
- Kozhurin A., Acocella V., Ponomareva V. et al. Trenching active faults in Kamchatka, Russia: paleoseismological and tectonic implications // Tectonophysics. 2006. V. 417. № 3–4. P. 285–304. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2006.01.004>.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae // Suwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, Bd. 1–4. 1986–1991 (in German).
- Lambecka K., Roubya H., Purcella A. et al. Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. V. 111. № 43. P. 15296–15303. <https://doi.org/10.1073/pnas.1411762111>.
- Meheust M., Stein R., Fahl K., Gersonde R. Sea-ice variability in the subarctic North Pacific and adjacent Bering Sea during the past 25 ka: new insights from  $IP_{25}$  and  $U^{K'}$  proxy records // Arktos. 2018. V. 4. № 8. P. 1–19. <https://doi.org/10.1007/s41063-018-0043-1>.
- Parnell A.C., Haslett J., Allen J.R.M. et al. A flexible approach to assessing synchronicity of past events using Bayesian reconstructions of sedimentation history // Quaternary Science Reviews. 2008. V. 27. № 19–20. P. 1872–1885. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.07.009>.
- Ponomareva V., Portnyagin M., Pevzner M. et al. Tephra from andesitic Shiveluch volcano, Kamchatka, NW Pacific: chronology of explosive eruptions and geochemical fingerprinting of volcanic glass // International Journal of Earth Sciences. 2015. V. 104. P. 1459–1482. doi: 10.1007/s00531-015-1156-4.
- Woodroffe C.D., McGregor H.V., Lambeck K. et al. Mid-Pacific microatolls record sea-level stability over the past 5000 yr. // Geology. 2012. V. 40. № 10. P. 951–954. <https://doi.org/10.1130/G33344.1>.
- Zelenin E., Kozhurin A., Ponomareva V., Portnyagin M. Tephrochronological dating of paleoearthquakes in active volcanic arcs: A case of the Eastern Volcanic Front on the Kamchatka Peninsula (northwest Pacific) // Journal of Quaternary Science. 2020. V. 35(1–2). P. 349–361. <https://doi.org/10.1002/jqs.3145>.

## FLOODPLAIN OF KAMCHATKA RIVER: AGE AND SPECIFIC OF FORMATION OF SEDIMENTS

T.D. Karimov<sup>1</sup>, M.M. Pevzner<sup>1</sup>, O.N. Uspenskaya<sup>2</sup>, R.I. Nechushkin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 119017, e-mail: karimovt@mail.ru

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Vegetable Production, Ramensky district, Moscow region, Vereya village, Russia, 140153

The sediments of the floodplain of Kamchatka River in its middle course have been studied. Two types of floodplain accumulation environment are distinguished: stable (overgrowth of oxbow lakes distant from the main channel) and dynamic (banks of the central part of the valley, subject to regular flooding). Radiocarbon dating of buried organics was carried out. The oldest peat formed around 3200 <sup>14</sup>C years (3460 cal BP), during a period of low water flow, which may have been caused by climatic changes. Formation of the floodplain-oxbow alluvium began not later than 3.8 thousand years ago. Changes in hydrological regime and major reorganization of the river channel led to the formation of a new surface, possibly due to seismic processes. The age of that seismic event may be several hundred years older than the beginning of subaerial sedimentation on the high floodplain in the middle course of Kamchatka river.

*Keywords: channel processes, geochronology, radiocarbon dating, Holocene, Central Kamchatka.*

Поступила в редакцию 22.06.2020

После доработки 21.09.2020

Принята к публикации 23.09.2020